

京都大学複合原子力科学研究所における BNCT 研究の現状

Current status of BNCT research at the Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

京大複合研¹, 住友重機² ○田中 浩基¹, 高田 卓志¹, 密本 俊典², 櫻井 良憲¹, 鈴木 実¹
 KURNS¹, SHI², ○Hiroki Tanaka¹, Takushi Takata¹, Toshinori Mitsumoto²,
 Yoshinori Sakurai¹, Minoru Suzuki¹
 E-mail: h-tanaka@rri.kyoto-u.ac.jp

京都大学複合原子力科学研究所 (旧 京都大学原子炉実験所 以下京大複合研) では 1974 年から研究用原子炉の重水中性子照射設備を用いて、BNCT に関する臨床研究を実施してきた。BNCT 開始当時は熱中性子を用いて開頭手術下における脳腫瘍、表層の癌である悪性黒色腫に対して臨床研究が行われていた。熱中性子は体内に入ると、水素原子により吸収・散乱されるため、深部への治療は困難であった。1996 年に熱外中性子を取り出せるように設備を改修した後に、非開頭の脳腫瘍、頭頸部癌、肺癌、肝臓癌、悪性胸膜中皮腫などへと適応拡大してきた。現在までに世界の臨床研究の約半数に相当する BNCT が京大複合研で実施された。

BNCT の有効性が示される一方で、研究用原子炉を病院に設置することは困難であるため、BNCT 用加速器中性子源の実現が望まれていた。また、医療機関において厚生労働省に認可された治療として BNCT を普及させるためには、治療システムの製造販売承認を得る必要があった。

治療システムの製造販売承認取得を目標にして、2007 年から京大複合研とサイクロトロン開発技術を有する住友重機械工業株式会社は BNCT 用加速器中性子源の開発をすすめてきた。中性子発生ターゲットとして、融点の高いベリリウムを選択し、30MeV の陽子照射における高い中性子生成率の特徴を活かした加速器中性子源を構築した。30MeV 陽子のベリリウム中の飛程は 5.8mm であることから、厚みを 5.5mm に設定することで、陽子はベリリウムを通過し、冷却水中で停止する。これによりプリスタリングを克服することが可能となった。

ベリリウムから高エネルギー中性子が発生するため、BNCT に適した熱外中性子まで減速させるための材質に鉛、鉄、アルミニウム、フッ化カルシウムを採用し、1mA の陽子電流を実現し、治療可能な強度の熱外中性子ビームを取り出すことに成功した。その後、臨床試験を開始するために必要な物理特性試験、非臨床試験を実施した。

2012 年には企業治験として、再発悪性神経膠腫に対し世界初の加速器 BNCT の第 I 相臨床試験、次いで、2014 年から頭頸部癌に対する第 I 相臨床試験を開始した。2016 年から同システムが設置されている南東北 BNCT 研究センターが新たに加わり第 II 相臨床試験を行った。臨床試験の結果を元に、2019 年に承認申請が行われ、切除不能な局所進行又は局所再発の頭頸部癌を対象として、2020 年 3 月 11 日に住友重機械工業株式会社が医療機器の製造販売承認を取得した。引き続き、再発悪性神経膠腫を適応疾患に追加する承認申請が計画されており、今後より多くの疾患に対して適応されることが期待されている。

京大複合研では、治療システムのみならず、BNCT で必要となる、中性子線、ガンマ線検出器などの周辺機器の開発研究も行われている。本シンポジウムではこれらについても紹介したい。

京大複合研では、治療システムのみならず、BNCT で必要となる、中性子線、ガンマ線検出器などの周辺機器の開発研究も行われている。本シンポジウムではこれらについても紹介したい。



図 1: 30MeV 陽子サイクロトロン